

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ В СРЕДЕ MATLAB

Метод детализированные схемы замещения (ДСЗ) обладают рядом преимуществ перед другими методами расчета полей линейного асинхронного двигателя (ЛАД), например, небольшая загрузка ресурсов расчетной машины, достаточная точность при приемлемой детализации для рассчитываемой задачи, возможность интеграции в моделируемые системы. Выбор удобного математического пакета для расчета характеристик линейной индукционной машины (ЛИМ) методом ДСЗ позволяет экономить время написания программы расчета характеристик, а так же позволяет получить эргономичный для пользователей формуляр.

Решение электромагнитной задачи методом ДСЗ является детализированные магнитные схемы замещения(ДМСЗ)переход к которым осуществляется по теореме Стокса [1]:

$$\Phi = \int \vec{B} d\vec{S} = \int_s \text{rot} \vec{A} d\vec{S} = \int_l A dl \quad (1)$$

которая применяется для каждого узла(рис. 1), в результате получаем эквивалентную магнитную схему замещения, а связанная система данных узлов образует ДМСЗ, решением которой являются магнитные потоки.

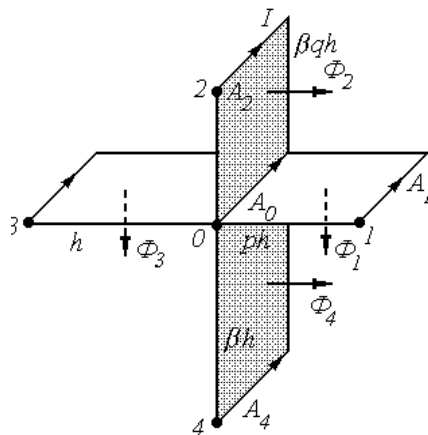


Рисунок 1. Поток для узла 0 по теореме Стокса

В качестве примера актуальности проведения расчетов в среде Matlabниже рассмотрен пример расчета электромагнитных характеристик ЛАД с 24-мя пазами на статоре и насыщением стали вторичного элемента (ВЭ) на основе модели, предложенной в [2]. Данная модель позволяет учитывать нелинейность магнитной проницаемости ферромагнитного слоя стали ВЭ за счет итерационного методаподбора тангенциальной составляющей магнитной проницаемости по расчетной магнитной индукции из кривой рис. 2 на каждом шагу. Matlab по сравнению с традиционными языками программирования (C/C++, Java, Pascal, FORTRAN) позволяет на порядок сократить время решения типовых задач и значительно упрощает разработку новых алгоритмов [3].

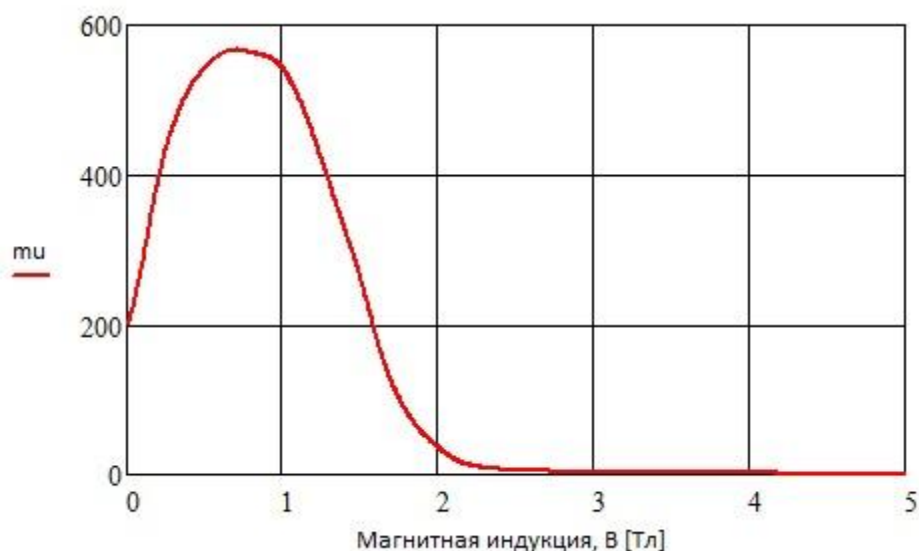


Рис. 2. Интерполированная зависимость магнитной проницаемости от магнитной индукции

Структура цикла (рис. 3) является основой тела программы расчета ДСЗ ЛАД с насыщением. Идея данного метода заключается в расчете на каждой итерации магнитной индукции в слоях, определении по интерполированной кривой (рис. 2) относительной магнитной проницаемости и сравнении с магнитной проницаемостью, рассчитанной на предыдущей итерации. Возможности программного языка MathWorks Matlab изначально обладают поддержкой векторных и матричных операций, а также возможность создавать собственные функции позволяет уменьшить загрузку Workspace[3].

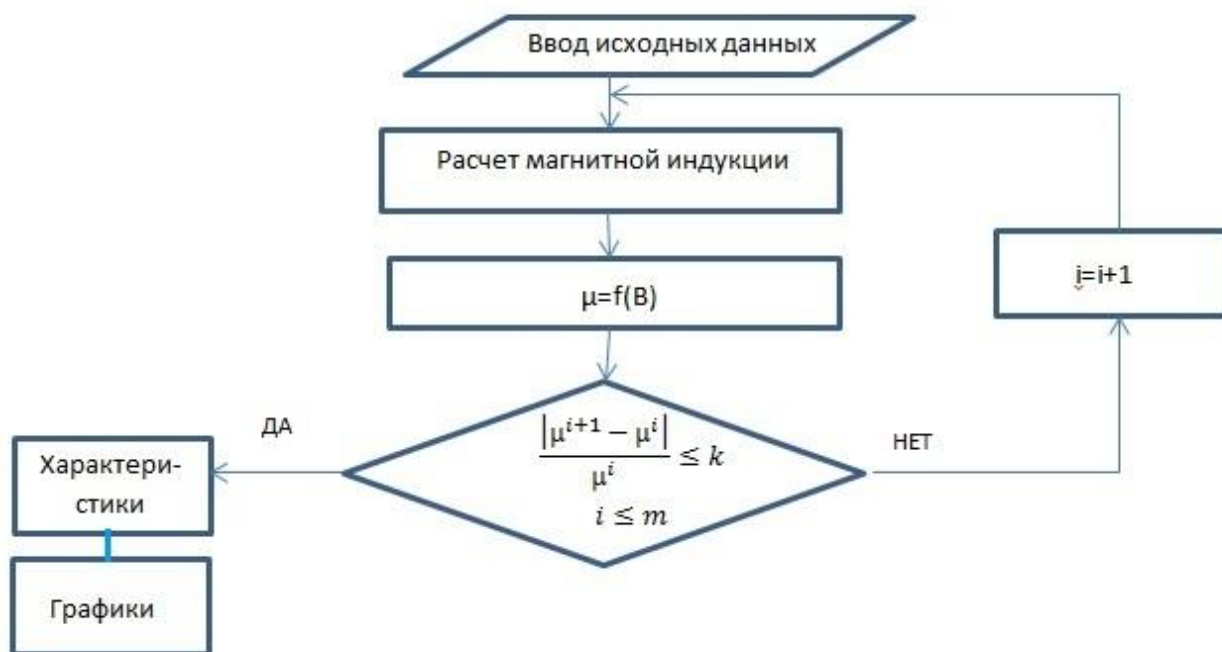
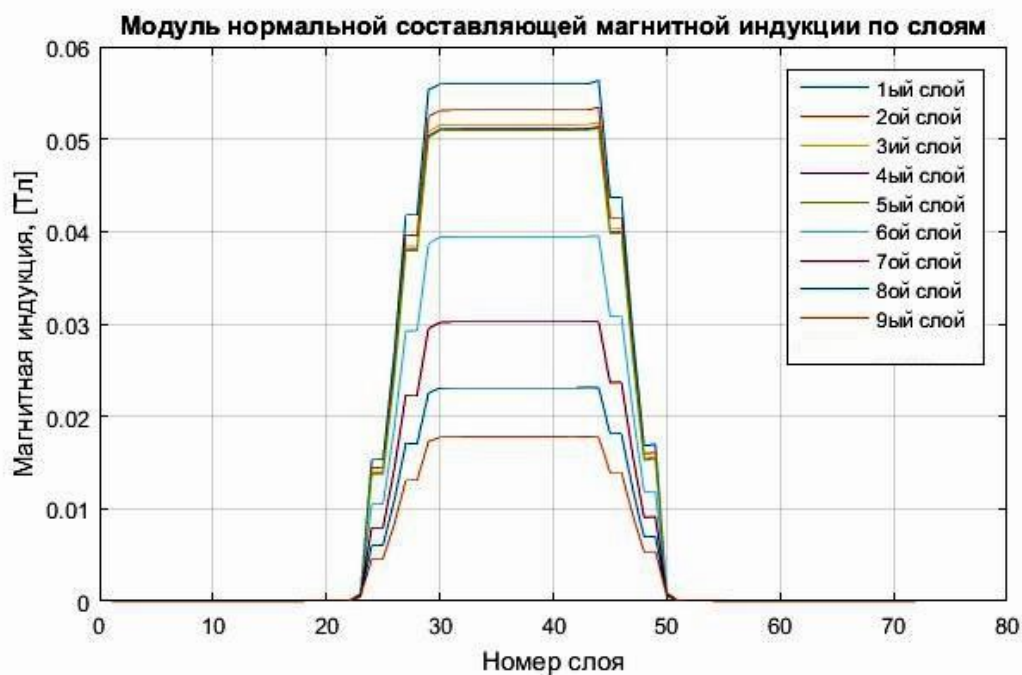
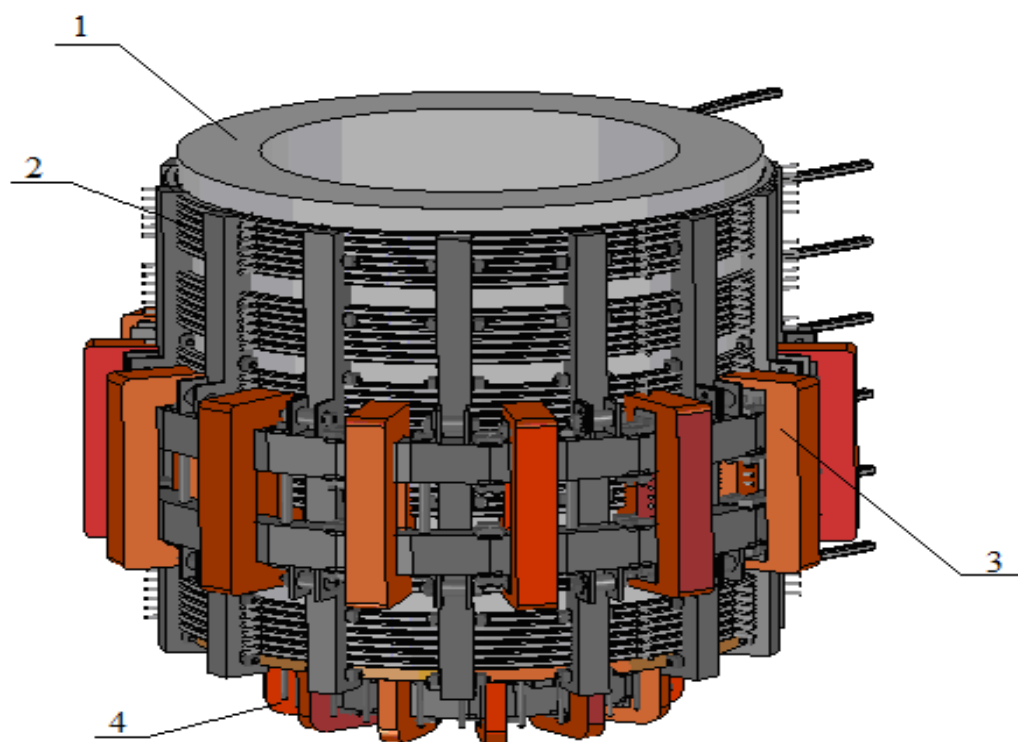


Рисунок 3. Логическая блок-схема

Сравнение результатов расчетов модели после 27 итераций в пакете Matlab с данными, полученными в программе Mathcad после 15 итераций на основе графиков нормальной составляющей магнитной индукции во ВЭ. Время расчетов незначительно меньше заняло в Matlab при условии, что количество итераций практически в 2 раза больше, связано это с незагруженностью рабочего пространства, а также на порядок быстрее происходит трансляция полученных результатов в Matlab.



а)



б)

Рисунок 4. Нормальная составляющая магнитной индукции по слоям, а) рассчитанная в Matlab, б) рассчитанная в Mathcad

Анализируя графики, изображенные на рис. 4, можно сделать вывод о том, что результаты имеют весьма близкие значения магнитной индукции по слоям. Также при детальном рассмотрении полученных матриц магнитных индукций и других характеристик ЛАД выявлено, что Matlab рассчитывает значения на несколько порядков быстрее, чем Mathcad. Данная возможность также увеличивает точность вычислений с помощью программы Matlab.

В заключение можно утверждать, что во многих случаях применение среды Matlab для моделирования ЛАД позволяет облегчить структуру расчётной программы и вычисления. Экономия времени расчетов будет сказываться при решении более сложных задач, например, в нелинейной динамической связанной задаче определе-

ния магнитного и теплового полей, в которой свойства материала зависят от температуры. Вычисление больших массивов данных (BigData) в связи с удобным интерфейсом и доступностью командной строки вызова функций позволит увеличить скорость трансляции необходимых характеристик.

Список использованных источников

1. Туровский Я. Электромагнитные расчеты элементов электрических машин: Пер. с польск. М.: Энергоатомиздат, 1986. 200с.
2. Сарапулов, Ф.Н. Математические модели линейных индукционных машин на основе схем замещения / Ф.Н. Сарапулов, С.Ф. Сарапулов, П. Шымчак. – 2-е издание, перераб. и доп. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 431 с.
3. Официальный дистрибьютор MathWorks // matlab.ru: электронная справка по matlab. 2015.